

LEZIONE 12 – Tipi di tubazioni

Dott. Ing. Catello Masullo -
HYDROARCH S.r.l.
c.masullo@hydroarchsrl.com

1 TUBAZIONI IN GRES

1.1 INTRODUZIONE

Nel panorama dei materiali per fognatura, il gres ceramico, in virtù delle elevate caratteristiche fisico-chimiche, è il materiale in grado di garantire contemporaneamente elevata durabilità e prestazioni costanti nel tempo. Per un gestore ciò si traduce in ridotti costi di gestione, elevata patrimonializzazione e, in virtù dei lunghi ammortamenti possibili, vantaggi reddituali. Oltre che per le caratteristiche tecniche il gres ceramico è ampiamente conosciuto per le sue caratteristiche ambientali. Si tratta infatti di un materiale ecologico (è costituito da argilla), privo di sofisticazioni, inerte e stabile nel tempo.

1.2 PROPRIETA' FISICO MECCANICHE

Le qualità delle tubazioni in gres derivano essenzialmente dalle caratteristiche di base delle argille utilizzate e dal processo ceramico di greificazione.

L'inerzia chimica, le elevate caratteristiche meccaniche, la compatibilità ambientale del gres ne fanno il materiale ideale per la costruzione di componenti per reti di drenaggio urbane. Di seguito le principali proprietà fisiche del gres ceramico.

Peso specifico 22 kN/m³

Carico di rottura a flessione 15÷40 N/mm²

Carico di rottura a compressione 100÷200 N/mm²

Carico di rottura a trazione 10÷20 N/mm²

Coefficiente dilatazione termica $5 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$

Conducibilità termica 1,2 W/(m * K)

Il processo di greificazione chiude tutta la porosità delle argille e rende il gres ceramico altamente impermeabile. Tale elevato valore di impermeabilità viene raggiunto senza l'uso di liner o rivestimenti superficiali, come avviene per altri prodotti, assicurando l'affidabilità nel tempo di questo importante requisito.

Insieme alla assoluta inerzia alla corrosione chimica, la resistenza all'abrasione è la caratteristica di spicco del gres ceramico. Grazie alla sua durezza, questo materiale risulta molto resistente all'azione meccanica dei materiali solidi trasportati dai liquami di fognatura.

Uno dei primi impieghi del gres ceramico è stato quello della costruzione di recipienti e manufatti per l'industria chimica. Il motivo deve ricercarsi nell'assoluta "indifferenza" ai tentativi di aggressione di quasi tutti gli elementi corrosivi organici ed inorganici.

In particolar modo è assolutamente inerte all'idrogeno solforato, gas che compone l'atmosfera presente nelle condotte fognarie non totalmente riempite di liquami.

1.3 GIUNZIONI

Le giunzioni sono prefabbricate e preinstallate riducendo così l'intervento dell'uomo durante le fasi di posa e facendo in modo che la tenuta non sia garantita da elementi applicati in cantiere. La giunzione tipica è quella a bicchiere con guarnizione di tenuta in resina poliuretanica

2 TUBAZIONI IN PVC

2.1 INTRODUZIONE

Il PVC (policloruro di vinile) è un polimero composto dal 43% di etilene (petrolio) e dal 57% di cloro (cloruro di sodio) la cui presenza conferisce al materiale le sue caratteristiche peculiari. Le prime applicazioni del PVC alle condotte risalgono agli anni 50, ed oggi, grazie alla vasta gamma di applicazioni, vi sono circa 30 milioni di tonnellate di tubi in questo materiale nel mondo di cui 1,5 milioni solo in Italia.

2.2 PROPRIETA' FISICO MECCANICHE

Per la produzione di tubi e raccordi il PVC viene opportunamente additivato con stabilizzanti, plastificanti, coloranti e cariche minerali che ne favoriscono la lavorabilità e la durata. Grazie alle caratteristiche di grande plasmabilità, leggerezza e di elevate prestazioni meccaniche, i tubi in PVC trovano largo impiego nell'edilizia ed in particolare in:

- Scarichi-prefabbricati
- Impianti-di-irrigazione
- Acquedotti
- Cavidotti
- Fognature

Come per gli altri tubi in resina i tubi in PVC fanno parte della famiglia di prodotti flessibili e di ciò occorre tenere conto in sede di progettazione e posa in opera per evitare che un'eccessiva deformazione provochi danni irreversibili

Di seguito sono elencate le principali caratteristiche fisico meccaniche del pvc

M.R.S. (secondo ISO/TR 9080)	25 MPa
Peso specifico	1,39-1,42
Carico unitario a snervamento	≥ 48 MPa
Allungamento a snervamento	< 10%
Modulo di elasticità	3.000 MPa
Coeff. di dilatazione termica lineare	60-80 mm/m°C
Conduktività termica	0,13 kcal/mh°C

2.3 CICLO DI PRODUZIONE

Il polimero del PVC è stoccato sottoforma di granuli in grossi silos, dai quali viene immesso nel ciclo di produzione per la realizzazione dei tubi. Le fasi principali sono l' ESTRUSIONE, il RAFFREDDAMENTO E MARCHIATURA, il TAGLIO E BICCHIERATURA e la FASE DI CONTROLLO DI PRODUZIONE E LO STOCCAGGIO.

2.4 GIUNZIONI

Per questo tipo di tubazioni possono utilizzarsi il sistema di giunzione ad INCOLLAGGIO e il sistema a PUNTA (o "CORDONE") E BICCHIERE (cioè "maschio" – "femmina"). Nei giunti a

bicchiere la tenuta è assicurata da un anello di tenuta in gomma tipo Blok, reinserito in fabbrica e non rimovibile.

2.5 CARATTERISTICHE TECNICHE

Data la composizione chimica del PVC i tubi realizzati in questo materiali risultano chimicamente inerti nei confronti dei Sali disciolti nell'acqua nonché delle sostanze acide ed alcaline contenute nei liquami domestici. Anche la scabrezza risulta essere inferiore ad altri materiali con evidente vantaggio per la portata conseguibile a parità di diametro. Tuttavia la deformabilità di tali tubi obbliga ad effettuare prove di rigidità anulare per verificarne il comportamento allo schiacciamento dovuto ai ricoprimenti ed ai carichi di esercizio. La normativa di riferimento è la UNI EN 1401 che definisce le caratteristiche geometriche, stabilisce i requisiti prestazionali, definisce gli standards di accettazione e controllo del materiale e delle condotte.

Per contro tali tubazioni hanno le controindicazioni tipiche delle condotte flessibili, quali necessità di prevedere una accurata compattazione dei rinfiocchi, per evitare i fenomeni di ovalizzazione, di evitare accuratamente che nei terreni di posa, di rinfianco e di ricoprimento ci siano elementi lapidei di grossa pezzatura ed a spigoli acuminati, che potrebbero seriamente danneggiare le tubazioni, occorre particolare cura nel trasporto e stoccaggio delle tubazioni, evitando sollecitazioni meccaniche ed urti accidentali e prolungate esposizione ai raggi solari. Inoltre occorre sottolineare che il materiale è soggetto a rammollimento se interessato da scorrimento di acque molto calde. Tutti elementi di fragilità che potrebbero accorciare in misura importante la vita tecnica delle tubazioni.

3 TUBAZIONI IN GHISA SFEROIDALE

3.1 introduzione

I tubi in ghisa grigia colata in sabbia vengono utilizzati sin dal 1800, da allora questi tubi hanno subito un' importante evoluzione tecnologica che li rendono ancora oggi molto utilizzati per diverse applicazioni. Le principali innovazioni apportate nel corso degli anni hanno riguardato oltre che le caratteristiche chimiche del prodotto anche le modalità di produzione. Ad esempio dal 1930 la ghisa grigia invece che essere colata viene centrifugata con l'utilizzo di appositi macchinari.

3.2 caratteristiche chimiche e meccaniche

La ghisa grigia a grafite lamellare presenta all'interno della matrice ferritica delle lamelle di carbonio le quali determinano delle direzioni di rottura preferenziale che rappresentano un elemento negativo nei confronti della resistenza meccanica del materiale. Questo inconveniente verrà superato con l'introduzione della ghisa sferoidale di cui si accennerà in seguito.

Altro aspetto negativo presente nei primi tubi di ghisa è la tendenza della corrosione del tubo innescata da lesioni del manto esterno in ambienti fortemente corrosivi. A questo problema si è ovviato proteggendo la parete esterna del tubo con una pellicola di Sali di zinco, la quale migrando nella zona della lesione, attivano un processo di auto-cicatrizzazione in grado di proteggere il tubo.

Anche la parete interna del tubo può essere soggetta a fessurazione e corrosione, per questo viene applicato un rivestimento interno di malta di cemento, la quale funge sia da passivante (la malta assorbendo acqua si arricchisce di elementi alcalini) sia da cicatrizzante delle fessure

grazie al rigonfiamento della malta stessa durante l'immersione in acqua e all'idratazione degli elementi costitutivi del cemento.

Il rivestimento interno inoltre consente di migliorare le caratteristiche meccaniche (flessione e ovalizzazione) ed idrauliche (diminuendo la scabrezza). Tali caratteristiche migliorative risultano anche avere una buona durata nel tempo.

3.3 La ghisa sferoidale

Come già accennato, la ghisa grigia a grafite lamellare per la sua conformazione molecolare risulta essere un materiale fragile e quindi non adatto al trasporto di liquidi in terreni soggetti a sollecitazioni meccaniche. Per questo motivo negli anni '60 è stata introdotta la ghisa, per il tramite della aggiunta di una piccola quantità di magnesio durante il processo di fusione, con grafite a forma di noduli sferici, e per questo, detta "sferoidale", in cui il carbonio si cristallizza appunto sotto forma di piccole sfere eliminando così la possibilità di formazione di linee di rottura preferenziale e conferendo al materiale caratteristiche di ottima resistenza ed elasticità. Di seguito sono riportate le principali proprietà meccaniche di questo materiale:

Resistenza alla trazione (Rm > 420 Mpa)
Allungamento (> 10%)
Elasticità (Re > 270 Mpa)
Resistenza agli urti

Anche il comportamento rispetto a sovrappressioni accidentali e al colpo d'ariete è stato dimostrato essere confortante, assicurando al tubo in ghisa sferoidale un ampio utilizzo nel campo delle condotte in pressione.

Rispetto allo spessore di ricoprimento la ghisa sferoidale risulta avere un buon comportamento sia per valori elevati (elevati carichi di terreno) sia per valori bassi (esposizione ai carichi di esercizio di superficie).

Altra caratteristica di notevole importanza di questo materiale è la possibilità di riciclare al 100% i tubi da sostituire come materia prima per gli impianti metallurgici classici quali Altoforni e Cubilotti.

E' infine utile notare che tale tipo di ghisa, viene definito all'estero, con corretto riferimento al comportamento meccanico, "ghisa duttile" ("fonte ductile" in francese e "ductile cast iron" in inglese).

3.4 sistemi di giunzione

Tra i sistemi di giunzione dei tubi in ghisa, molto diffuso è il **giunto rapido** in cui la guarnizione consente di aumentare la pressione tra metallo e guarnizione all'aumentare della pressione interna, garantendo così un'ottima tenuta alla pressione interna e alla pressione esterna.

Il giunto rapido ha anche il vantaggio di consentire deviazioni angolari elevate del tracciato assorbendo movimenti dei terreni e deboli dilatazioni. Inoltre, come suggerisce il nome, questo giunto può essere applicato con notevole rapidità e facilità a tutto vantaggio dei costi di posa in opera. Anche il comportamento dei giunti nei confronti della penetrazione delle radici è da segnalarsi come ulteriore vantaggio di questo tipo di giunzione. Talvolta, per via di elevate spinte idrauliche, per l'impossibilità di disporre blocchi di ancoraggio o nei casi di posa in forte pendenza, può essere utile ricorrere a **giunti antisfilamento** che trovano impiego anche per posa in immersione, in galleria o qualora non sia possibile eseguire scavi di trincee. Questo tipo di giunto è disponibile in commercio solo dai primi anni '90.

3.5 Protezione rinforzata

In casi particolari di ambienti altamente corrosivi è possibile dotare i tubi in ghisa sferoidale di un'ulteriore protezione costituita da un rivestimento esterno in Poliuretano e/o Polietilene co-estruso o ad avvolgimento. Anche internamente il tubo può essere rivestito con tali tipologie quando sia previsto il trasporto di fluidi con forte aggressività.

4. TUBI DI POLIETILENE E POLIPROPILENE

4.1 Introduzione

Inizialmente ai tubi in PE/PP erano preferiti i tubi in PVC dato il maggior valore di modulo elastico, il minore spessore, il minor peso, il minor costo e la possibilità di realizzare giunzioni a bicchiere. Grazie allo sviluppo delle tecniche produttive degli ultimi anni, però è stato possibile realizzare tubazioni in PE/PP con migliori prestazioni meccaniche, pesi e costi inferiori con l'introduzione di profili spiratati e strutturati. Ciò ha contribuito a far sì che oggi il PE sia uno dei materiali più utilizzati al mondo per la realizzazione di tubazioni per il trasporto di acqua e di gas. I tubi in PP (Polipropilene) rispetto a quelli in PE (Polietilene), possono garantire un modulo elastico maggiore, una migliore resistenza agli shock termici, una maggior resistenza all'abrasione, mentre risulta identica la resistenza all'urto e la scabrezza.

4.2 Tubazioni in PE caratteristiche generali

Le principali caratteristiche che rendono vantaggioso l'utilizzo del materiale riguardano:

- **la leggerezza:** agevola le operazioni di trasporto e di movimentazione dei tubi;
- **lunghezza elevata:** i tubi di diametro fino a 110 mm possono essere forniti in rotoli, riducendo quindi il numero di giunzioni necessarie;
- **affidabilità delle giunzioni:** il PE è saldabile con semplici tecniche quali la saldatura ad elementi termici per contatto (testa a testa) o per elettro-fusione;
- **flessibilità:** consente di effettuare le giunzioni anche fuori dallo scavo e di posare successivamente le tubazioni adattandole al tracciato, riducendo i tempi ed i costi di posa rispetto ai materiali tradizionali
- **tecniche di posa:** per la riabilitazione delle reti esistenti, oltre alle tradizionali tecniche di posa, è possibile utilizzare tecniche senza scavo (trenchless), che riducono i disagi locali e ambientali.
- **Capacità di assorbire le sollecitazioni provenienti dal terreno** dovute per esempio ad assestamenti, terremoti o gelo;
- **Assenza di corrosione ed elevata resistenza agli agenti chimici;**
- **Coefficiente di attrito e scabrezza minimi:** riducono le perdite di carico, permettendo portate più elevate a parità di sezione di passaggio, ed eliminano la formazione d'incrostazioni, mantenendo l'efficienza idraulica nel tempo;
- **Identificazione mediante colorazione in massa:** i tubi sono identificati grazie a colori codificati (blu o nero con strisce blu per l'acqua, giallo o nero con strisce gialle per il gas)
- **Vita utile di progetto di 50 anni**, con un'aspettativa di vita di oltre 100 anni per il PE100

Per contro tali tubazioni hanno le controindicazioni tipiche delle condotte flessibili, quali necessità di prevedere una accurata compattazione dei rinfianchi, per evitare i fenomeni di ovalizzazione, di evitare accuratamente che nei terreni di posa, di rinfianco e di ricoprimento ci siano elementi lapidei di grossa pezzatura ed a spigoli acuminati, che potrebbero seriamente danneggiare le tubazioni, occorre particolare cura nel trasporto e stoccaggio delle tubazioni, evitando sollecitazioni meccaniche ed urti accidentali e prolungate esposizione ai raggi solari. Inoltre occorre sottolineare che il materiale è soggetto a rammollimento se interessato da scorrimento di acque molto calde. Tutti elementi di fragilità che potrebbero accorciare in misura importante la vita tecnica delle tubazioni.

4.3 Tecniche di posa

La posa può essere effettuata con diverse tecniche quali:

- tradizionali mediante scavo a cielo aperto
- trenchless (senza scavo)
- immersione (per installazioni subacquee)
- sospese

Le trincee possono essere strette, larghe o infinite in funzione delle dimensioni.

Tra le tecniche trenchless si richiamano in particolare:

- Relining
- Perforazione guidata
- Inserimento per frantumazione di tubazione esistente (pipe bursting – slip lining ecc.)
- Trincea stretta
- Tecnica ad aratro
- Posa senza sabbia
- Microtunnelling

4.4 prove di laboratorio

Per simulare il comportamento dei tubi in tutte le possibili condizioni sfavorevoli che possono verificarsi accidentalmente o per negligenza a seguito della posa in opera, sono stati ideati diversi test a cui vengono sottoposti i tubi per studiarne il comportamento all'aumentare delle sollecitazioni.

In particolare vengono effettuate le seguenti prove:

- carico puntuale
- prova di pressione su tubo intagliato
- Cone test

4.5 ciclo di produzione

I tubi in PE vengono realizzati mediante il processo di estrusione con i seguenti stadi:

- fusione del PE: il processo di fusione nell'estrusore avviene all'interno di un cilindro riscaldato con un adeguato profilo di temperatura. Una vite senza fine spinge il materiale all'interno del cilindro verso la testa dell'estrusore;
- formatura: la forma tubolare e le dimensioni di massima vengono ottenute facendo passare il materiale attraverso una filiera;

- calibrazione e raffreddamento: all'uscita della filiera il diametro esterno viene calibrato, mediante passaggio in un'unità di calibrazione solitamente sotto vuoto, così da essere in tolleranza. Il materiale viene contemporaneamente raffreddato con acqua sino alla completa solidificazione;
- marcatura: allo scopo di garantire l'identificazione e la rintracciabilità del manufatto, si appone una marcatura lungo una generatrice esterna del tubo mediante "impressione a caldo" o inchiostro.
- taglio: i tubi prodotti in barre hanno usualmente una lunghezza standard pari a 6 o 12 m. I tubi prodotti in rotoli hanno lunghezze variabili. In quest'ultimo caso, il diametro interno della bobina deve essere superiore a 18 volte il diametro esterno del tubo.

4.6 giunzioni

Uno degli elementi chiave del successo dei tubi in PE è la varietà delle tecniche di giunzione disponibili per collegare tra loro i diversi elementi, anche se costituiti da materiale diverso.

Le più importanti tecniche di giunzione per tubi e raccordi in PE sono la saldatura termica e la giunzione meccanica. La saldatura termica è la soluzione più utilizzata in quanto è, nella maggior parte dei casi, un'operazione semplice, rapida ed economica.

Questo permette di realizzare reti a perfetta tenuta in quanto i vari elementi divengono, dopo la saldatura, un corpo unico. Nei casi in cui le condizioni di posa lo impongano (ad esempio per collegamento tra tubi in PE e tubi in metallo) si ricorre a giunzioni meccaniche o a sistemi di transizione metallo-plastici.

Inoltre, grazie all'elevata flessibilità e alla leggerezza dei manufatti in PE, le giunzioni possono essere realizzate all'esterno della trincea, in condizioni di lavoro più agevoli. Di conseguenza, le trincee possono quindi essere più strette rispetto a quelle richieste per i materiali tradizionali, con notevole riduzione dei volumi e dei costi di scavo.

4.7 tubazioni in PE per il trasporto d'acqua in pressione

I tubi in PE, come già accennato sono largamente utilizzati in tutto il mondo per il trasporto di acqua e in pressione e per il trasporto di gas. Ciò è dovuto alle principali caratteristiche del PE che sono:

- RESISTENZA MECCANICA: resistenza sotto sforzo (pressioni interne fino a 25 bar per acquedotti)
- DUREZZA: assorbimento di energia prima del guasto (alta resistenza all'urto)
- FLESSIBILITA': raggi di curvatura bassi (posa agevole)
- RIGIDITA': resistenza alla deformazione sotto carico
- RESISTENZA ALLA ROTTURA: chimica (ESCR) o fisica (SCG)
- LEGGEREZZA, ASSENZA DI CORROSIONE, FACILITA' DI GIUNZIONE, ...

Le proprietà temporali del PE sono invece:

BREVE TERMINE:

- DUREZZA: resistenza all'impatto e alla propagazione rapida della frattura (RCP)
- FLESSIBILITA': facilità di avvolgimento, manipolazione e posa

LUNGO TERMINE:

- RESISTENZA ALLO SFORZO: resistenza alla pressione interna (MRS)
- RIGIDITA': resistenza ai carichi
- FLESSIBILITA': resistenza agli sforzi creati da piccole deformazioni

BREVE e LUNGO TERMINE:

- RESISTENZA ALLA ROTTURA:
- ambientale (ESCR)
- meccanica (SCG)

Sottoponendo i tubi a test di pressione, si possono identificare due tipi di rottura una duttile (rottura a "becco di delfino") e una fragile (rottura "a spacco"). In particolare le rotture dei tubi sono localizzate nei punti in cui esistono delle discontinuità del materiale che possono essere dovute a difetti di saldatura, a fessure verificatesi durante il trasporto, a carichi di punta durante l'esercizio ecc. Quando avviene una rottura del tubo in pressione può verificarsi che tale danneggiamento si propaghi molto velocemente su tutto il tubo, con un meccanismo denominato RCP (Rapid Crack Propagation) con le seguenti caratteristiche:

- Instabilità sotto sforzo, o l'eccessiva concentrazione dello sforzo sulla parete del tubo possono generare una rottura
- Generalmente la rottura s'innesca per un danneggiamento accidentale da impatto, per una frattura fragile (da SCG) o per un difetto sulla tubazione (es. saldatura di testa)
- Dopo l'inizio, la rottura può propagarsi alla velocità di 200 – 400 m/s
- La propagazione della rottura può essere fermata dalla prestazionalità del materiale, da elementi di mezzo (es. raccordi), o dalla caduta della pressione
- Temperatura, pressione e diametro/spessore di parete del tubo (SDR) sono fattori influenti

4.8 tubi spiratati e corrugati

Per quanto riguarda le condotte per il convogliamento di acque reflue e quindi non in pressione, possono essere impiegate sia tubazioni di tipo rigido (cemento, ghisa, gres..) sia tubazioni flessibili (PE, PVC, PP..). La differenza principale tra le due famiglie di tubazioni risiede nell'influenza che hanno i carichi statici e dinamici sulla tubazione stessa. Infatti mentre i tubi rigidi risentono meno di questo tipo di azione (pur dovendo assicurare un'adeguata compattazione degli inerti di contorno) i tubi flessibili sono più sensibili ai carichi statici e dinamici e necessitano di una buona rigidità del terreno di contorno per contrastare la deformazione del tubo. Anche per ovviare a questa circostanza sono stati ideati tubi così detti strutturati (corrugati o spiratati) , che consentono di diminuire le deformazioni del tubo dovute ai carichi statici e dinamici aumentando la rigidità anulare della sezione, grazie ad un elevato momento d'inerzia della parete. Tuttavia i tubi spiratati mantengono le proprietà caratteristiche dei tubi flessibili e cioè la leggerezza, la maneggevolezza, la pieghevolezza, l'inerzia chimica, la resistenza agli urti e all'abrasione e la tenuta idraulica, proprietà queste che spesso si traducono in minori costi e maggior affidabilità.

4.9 pozzetti

Gli stessi vantaggi attribuibili alle tubazioni in PE rispetto alle condotte rigide, possono essere citati per quanto riguarda i pozzetti. Tali manufatti infatti possono essere prefabbricati interamente con lo stesso materiale plastico impiegato per le condotte e posati direttamente nella trincea, senza necessita di getti in opera. Ciò assicura una notevole riduzione dei tempi e dei macchinari altrimenti necessari sia per il getto che per la realizzazione della trincea, che in questo caso sarà notevolmente più stretta. Esistono in commercio pozzetti per tutte le esigenze, dai pozzetti di salto di vertice di derivazione di confluenza ecc. realizzati sia in pezzi unici sia in soluzioni modulari, consentendo massima elasticità sulle quote da raggiungere.

5. TUBI IN ACCIAIO

I tubi in acciaio cosiddetti "senza saldatura" sono ricavati da trafilatura di un piccolo lingotto di acciaio che viene prima forato e poi progressivamente allungato ed assottigliato in parete fino ad assumere la forma finita (attraverso un laminatoio cosiddetto "a passo di pellegrino", perché il lingotto, nella sua formazione a tubazione, viene spinto verso il laminatoio e poi tirato indietro dai cilindri di laminazione, a forma ogivale, stiracchiandolo e assottigliandolo, facendo assumere al lingotto una andatura, di avanzamento e successivo arretramento, tipica di "due passi avanti ed uno indietro", come, si favoleggiava, fosse quello dei "pellegrini"). Le tubazioni così realizzate coprono una vastissima gamma di diametri, da 50 a 900mm. La lunghezza dei tubi normali varia tra 10 e 18 m, ma è possibile ottenere lunghezze inferiori, a richiesta e con qualche aumento di costo.

La dimensione effettiva del diametro interno è maggiore di quella nominale per i tubi della serie normale: gli aumenti di spessore sono ottenuti a scapito del diametro interno, perché la trafilatura mantiene costante quello esterno. E' evidente che questi tubi coprono ogni possibile esigenza tecnica presente normalmente in un acquedotto, con la sola limitazione del diametro superiore: ciò non vuol dire che essi rappresentino in ogni caso la migliore soluzione tecnica e quella più conveniente.

Per diametri maggiori, senza limitazioni dimensionali, si ricorre ai "tubi saldati", a saldatura longitudinale, oppure a saldatura elicoidale. Ricavati mediante calandratura e saldatura automatica di rotoli di lamiera di acciaio, i cosiddetti "coils".

Le tubazioni in acciaio sono quelle dalle più generose prestazioni meccaniche. Sono quindi particolarmente impiegate in tutti i casi in cui le sollecitazioni sono particolarmente severe. Come nel caso di elevate ed elevatissime pressioni interne. Oppure in caso di elevate sollecitazioni da sovra-pressioni di moto vario, come nel caso di condotte prementi a servizio di impianti di sollevamento, oppure di condotte forzate a servizio di impianti idro-elettrici. Oppure nel caso di attraversamenti aerei (ponti-tubo) o di versanti in frana. In ragione della notoria elevatissima resistenza a trazione del materiale costituente.

Altro pregio delle tubazioni in acciaio è la facile saldabilità a tagliabilità con fiamma ossidrica, che si traduce in elevata flessibilità di realizzazione direttamente in cantiere, senza dover far ricorso a pezzi speciali da realizzare preventivamente in stabilimento.

Uno dei problemi principali di queste tubazioni riguarda principalmente la corrosione, vero "tallone di Achille", che può danneggiare vistosamente i tubi sia in presenza di correnti elettriche, sia in presenza di ambienti aggressivi. Ciò avviene in particolare su tubazioni non adeguatamente protette che si trovino ad esempio in ambienti nelle vicinanze del mare con un fenomeno detto di "pitting". Per ovviare a tali inconvenienti è necessario proteggere i tubi ad esempio con strati esterni di bitume o nastri a freddo, oppure, più recentemente, con rivestimenti plastici co-estrusi. I rivestimenti interni venivano realizzati in passato con vernici bituminose, più recentemente vengono realizzati con resine epossidiche oppure con malte cementizie (specie negli U.S.A.). I giunti di queste tubazioni possono essere a bicchiere (sferico o cilindrico), a flangia (soprattutto per l'inserimento di pezzi speciali) e a giunti saldati.

Oltre a tali tipi di protezioni dalla corrosione, che vengono definite "protezioni passive", è ormai prassi costante quello di ricorrere alla cosiddette "protezioni attive". Che possono essere, essenzialmente o di tipo ad "anodo sacrificale", oppure del tipo a "correnti impresse", detta anche "protezione catodica".

Le protezioni attive, agiscono sul meccanismo del fenomeno elettrochimico della corrosione, che agisce essenzialmente per il tramite di passaggi di correnti di elettroni nell'acciaio, con asportazioni di atomi di ferro nelle zone in cui la corrente di elettroni fuoriesce dalla tubazione verso il terreno circostante. Tali correnti di elettroni sono causate o da correnti vaganti nel terreno (vicinanza di linee ferroviarie, di stazioni elettriche, o di importanti utenze elettriche con relative messe a terra) oppure per correnti causate dalle cosiddette "pile geologiche". La presenza cioè di differenti formazioni geologiche dei terreni interessati dalla condotta, con alternanze di terreni più impermeabili e aggressivi, come argille e limi, con terreni più permeabili, come sabbie e ghiaie. Per far sì che le correnti che interessano le tubazioni non

provochino corrosione, si può collegare elettricamente le tubazioni stesse con materiali meno nobili, quali ad esempio il magnesio, che si corrode al posto dell'acciaio, fungendo appunto da "anodo sacrificale", punto dal quale fuoriescono le correnti verso il terreno. Oppure immettendo, in modo controllato, delle correnti all'interno della tubazione (metodo delle "correnti impresse", o "protezione catodica") in modo da contrastare le correnti che le attraversano e che ne vorrebbero fuoriuscire. Così facendo le correnti entrano solo (senza provocare danni) nelle tubazioni, che così hanno sempre un ruolo di "catodo" (da cui "protezione catodica") e mai di "anodo" e non ne fuoriescono mai (azione che le danneggerebbe per corrosione). Per tale tipo di protezione attiva a correnti impresse, occorre porre particolare attenzione alle eventuali interferenze con analoghi sistemi presenti nelle vicinanze. E' tipico il caso di due diversi sistemi di tubazioni di acciaio che si affiancano o si incrociano. Ad esempio un acquedotto ed un gasdotto. In tali casi, ove uno dei due sistemi sia caratterizzato da intensità di correnti maggiore dell'altro, una delle due tubazioni potrebbe assumere il ruolo di anodo sacrificale dell'altra. In tali circostanze, soprattutto perché i gestori delle tue tubazioni sono diversi e fanno capo ad amministrazioni diverse, si rischia di fare la "guerra delle correnti". Ciascuno aumenta le sue intensità. E' quanto di meno razionale si possa fare. La soluzione migliore è quella di collegare elettricamente i due diversi sistemi, in modo da rendere tutte le tubazioni interferenti allo stesso potenziale, protette da un unico sistema di protezione catodica, gestito congiuntamente.